



PCT/FR 2004/001980
15 DEC. 2004

REC'D 28 DEC 2004
WIPO
PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

REC'D 26 DEC 2004
WIPO
PCT

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 27 JUIL. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété Industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE
6 bis, rue de Saint Pétersbourg
5800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa
N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 210502

Réervé à l'INPI	
REMISE DES PIÈCES DATE 25 JUIL 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0309140 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 25 JUIL. 2003 Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i> BFF030242	
1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET PLASSERAUD 84, rue d'Amsterdam 75440 PARIS CEDEX 09	
2 NATURE DE LA DEMANDE <input checked="" type="checkbox"/> Demande de brevet <input type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/> Demande divisionnaire <i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> <input type="checkbox"/> Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE ET DISPOSITIF DE FOCALISATION D'ONDES ACOUSTIQUES	
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE <input type="checkbox"/> Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) <input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF Domicile ou siège Rue Code postal et ville Pays Nationalité N° de téléphone <i>(facultatif)</i> Adresse électronique <i>(facultatif)</i>	
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS - Établissement Public, Scientifique et Technologique EPST <input type="text"/> 3, rue Michel Ange 75016 PARIS Cédex 16 FRANCE Française N° de télécopie <i>(facultatif)</i> <input checked="" type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

Remplir impérativement la 2^{me} page

**BREVET D'INVENTION
 CERTIFICAT D'UTILITÉ**
REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
 page 2/2
BR2

REMISE DES PIÈCES		Réserve à l'INPI
DATE	25 JUIL 2003	
LIEU	75 INPI PARIS	
N° D'ENREGISTREMENT	0309140	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		

DB 540 W / 210502

6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)		BFF030242
Nom		
Prénom		
Cabinet ou Société		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
	Pays	
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
7 INVENTEUR (S)		Les Inventeurs sont nécessairement des personnes physiques
Les demandeurs et les Inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt
		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques
		<input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI
Eric BURBAUD 94-0304		C. CONTE

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° .1 . / 1..

BR/SUITE

Réserve à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE 25 JUIL 2003

UEU 75 INPI PARIS

NO DISINCENTIVEMENT

N° D'ENREGISTREMENT
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

0309140

Cet imprimé est à remplir visuellement à l'encre noire

03 829 W / 010702

Vos références pour ce dossier (facultatif)		BFF030242	
4 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE		Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N°	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		UNIVERSITE PARIS 7 - DENIS DIDEROT	
Prénoms		Etablissement Public à caractère scientifique, culturel et professionnel	
Forme juridique			
N° SIREN		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Code APE-NAF		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Domicile ou siège	Rue	2, Place Jussieu 75251 PARIS CEDEX 05	
	Code postal et ville	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale			
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Code APE-NAF		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Domicile ou siège	Rue		
	Code postal et ville	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
	Pays		
Nationalité			
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		 Eric BURBAUD 94-0304	
		VISA DE LA PREFECTURE OU DE L'INPI C. CONTE	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI

Procédé et dispositif de focalisation d'ondes acoustiques.

La présente invention est relative aux procédés et dispositifs de focalisation d'ondes acoustiques.

Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé de focalisation d'ondes acoustiques comprenant au moins une étape d'émission au cours de laquelle on fait émettre par un premier réseau de transducteurs (comprenant au moins un transducteur), au moins une onde d'excitation ultrasonore présentant une certaine fréquence centrale d'émission fc et focalisée en au moins un point cible d'un milieu cible, et on fait passer ladite onde d'excitation dans un milieu réverbérant avant d'atteindre le milieu cible.

Le document WO-A-97/03438 décrit un procédé de ce type, qui donne toute satisfaction.

La présente invention a notamment pour but de perfectionner encore ce procédé connu en vue de le rendre plus facile d'utilisation notamment pour des applications médicales ou industrielles.

A cet effet, selon l'invention, un procédé du genre en question est caractérisé en ce qu'au cours de l'étape d'émission, on utilise comme milieu réverbérant un objet solide réverbérant sur lequel est fixé chaque transducteur du premier réseau, ledit objet solide réverbérant étant adapté pour provoquer des réflexions multiples de l'onde d'excitation qui le traverse et pour qu'une onde impulsionale de durée $1/fc$ entrant dans ledit objet solide entraîne une émission acoustique de durée au moins égale à $10/fc$ vers le milieu cible.

Grâce à ces dispositions, l'objet solide réverbérant et le premier réseau de transducteurs forment ensemble une sonde monobloc où les transducteurs du premier réseau sont positionnés à l'avance avec précision, ce qui évite ou allège fortement les réglages à chaque utilisation. De plus, lorsque l'objet solide réverbérant

est de petite taille et de faible poids, cette sonde est facile à manipuler, sans déréglage du positionnement des transducteurs.

5 Dans divers modes de réalisation du procédé selon l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- au cours de l'étape d'émission, on émet l'onde d'excitation $s(t)$ vers un nombre K au moins égal à 1 de points cibles prédéterminés k appartenant au milieu cible, 10 en faisant émettre par chaque transducteur i du premier réseau un signal d'émission :

$$s_i(t) = \sum_{k=1}^K e_{ik}(t) \otimes s(t),$$

où les signaux $e_{ik}(t)$ sont des signaux d'émission élémentaires prédéterminés adaptés pour que, lorsque les 15 transducteurs i émettent des signaux $e_{ik}(t)$, on génère une onde acoustique impulsionale au point cible k ;

- les signaux $e_{ik}(t)$ sont codés sur un nombre de bits compris entre 1 et 64 ;

20 - les signaux $e_{ik}(t)$ sont codés sur 1 bit ;
- les signaux d'émission élémentaires $e_{ik}(t)$ sont déterminés expérimentalement au cours d'une étape d'apprentissage, préalable à ladite étape d'émission ;

25 - au cours de l'étape d'apprentissage, on fait émettre un signal impulsional ultrasonore successivement au niveau de chaque point cible prédéterminé k , on fait capter les signaux $r_{ik}(t)$ reçus par chaque transducteur i du premier réseau à partir de l'émission dudit signal impulsional ultrasonore, et on détermine les signaux d'émission élémentaires $e_{ik}(t)$ par retournement temporel 30 des signaux reçus $r_{ik}(t)$:

$$e_{ik}(t) = r_{ik}(-t);$$

35 - au cours de l'étape d'apprentissage, on place un milieu liquide, distinct du milieu cible, au contact de l'objet solide réverbérant, et on fait émettre ledit signal impulsional à partir dudit milieu liquide ;

- au cours de l'étape d'apprentissage, point cible prédéterminé k , on fait émettre un signal impulsif ultrasonore successivement au niveau de chaque transducteur i du premier réseau, on fait capter les signaux $r_{ik}(t)$ 5 reçus au point cible k à partir de l'émission dudit signal impulsif ultrasonore, et on détermine les signaux d'émission élémentaires $e_{ik}(t)$ par retournement temporel des signaux reçus $r_{ik}(t)$:
- $e_{ik}(t) = r_{ik}(-t)$.
- 10 - au cours de l'étape d'apprentissage, on place un milieu liquide, distinct du milieu cible (2), au contact de l'objet solide réverbérant (7), et on capte les signaux $r_{ik}(t)$ dans ledit milieu liquide.
- le milieu liquide, utilisé au cours de l'étape 15 d'apprentissage, comprend essentiellement de l'eau, et au cours de l'étape d'émission, le milieu cible dans lequel on focalise l'onde d'excitation comprend au moins une partie du corps d'un patient ;
- les signaux d'émission élémentaires $e_{ik}(t)$ sont 20 déterminés par le calcul ;
- l'objet solide réverbérant, que l'on fait traverser par l'onde d'excitation au cours de l'étape d'émission, est en contact avec le milieu cible ;
- le procédé comporte en outre une étape de 25 réception d'échos émis par le milieu cible en réponse à l'onde d'excitation, en vue d'imager au moins une partie de la zone cible ;
- l'onde d'excitation est émise pendant une durée comprise entre $1/2.fc$ et $10/fc$;
- 30 - au cours de l'étape d'émission, l'onde d'excitation traverse au moins un milieu acoustiquement non linéaire et présente une amplitude suffisante pour que des ondes harmoniques de la fréquence centrale d'émission soient générées dans ledit milieu acoustiquement non linéaire, et au cours de l'étape de réception, on écoute 35 les échos revenant du milieu cible à une fréquence d'écoute

qui est un multiple entier de la fréquence centrale d'émission ;

- les ondes harmoniques sont générées dans le milieu cible, qui présente un comportement acoustique non linéaire ;

- au cours de l'étape de réception, on écoute les échos revenant de la zone cible à une fréquence d'écoute égale à deux ou trois fois la fréquence centrale d'émission ;

10 - au cours de l'étape d'émission, le milieu cible, dans lequel on focalise l'onde d'excitation, comprend au moins une partie du corps d'un patient ;

15 - au cours de l'étape de réception, on écoute les échos revenant de la zone cible au moyen d'un deuxième réseau de transducteurs solidaire dudit objet solide réverbérant ;

20 - au cours de l'étape d'émission, on émet une onde d'excitation modulée en amplitude, adaptée pour appliquer sur le milieu cible une pression de radiation qui engendre une onde de cisaillement basse fréquence ;

- au cours de l'étape d'émission, on émet une onde d'excitation adaptée pour chauffer localement le milieu cible.

25 Par ailleurs, l'invention a également pour objet un dispositif de focalisation d'ondes acoustiques comprenant au moins des moyens d'émission comprenant un premier réseau de transducteurs, ces moyens d'émission étant adaptés pour faire émettre par le premier réseau de transducteurs, au travers d'un milieu réverbérant, au moins une onde 30 d'excitation ultrasonore présentant une certaine fréquence centrale d'émission f_c et focalisée en au moins un point cible d'un milieu cible,

35 caractérisé en ce que le milieu réverbérant comprend un objet solide réverbérant sur lequel est fixé chaque transducteur du premier réseau, ledit objet solide réverbérant étant adapté pour provoquer des réflexions

multiples de l'onde d'excitation qui le traverse et pour qu'une onde impulsionale de durée $1/fc$ entrant dans ledit objet solide entraîne une émission acoustique de durée au moins égale à $10/fc$ vers le milieu cible.

5 Dans divers modes de réalisation du dispositif selon l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

10 - les moyens d'émission sont adaptés pour faire émettre l'onde d'excitation $s(t)$ vers un nombre K au moins égal à 1 de points cibles prédéterminés k appartenant au milieu cible, en faisant émettre par chaque transducteur i du premier réseau un signal d'émission :

$$s_i(t) = \sum_{k=1}^K e_{ik}(t) \otimes s(t),$$

15 où les signaux $e_{ik}(t)$ sont des signaux d'émission élémentaires prédéterminés adaptés pour que, lorsque les transducteurs i émettent des signaux $e_{ik}(t)$, on génère une onde acoustique impulsionale au point cible k ;

20 - le dispositif comporte en outre des moyens de réception d'échos émis par le milieu cible en réponse à l'onde d'excitation, en vue d'imager au moins une partie de la zone cible ;

25 - les moyens d'émission sont adaptés pour émettre l'onde d'excitation pendant une durée comprise entre $1/2.fc$ et $10/fc$;

30 - les moyens de réception sont adaptés pour écouter les échos revenant du milieu cible à une fréquence d'écoute qui est un multiple entier de la fréquence centrale d'émission ;

35 - les moyens de réception sont adaptés pour écouter les échos revenant du milieu cible à une fréquence d'écoute égale à deux fois la fréquence centrale d'émission ;

35 - les moyens de réception comprennent un deuxième réseau de transducteurs solidaire dudit objet solide réverbérant ;

- les moyens d'émission sont adaptés pour émettre une onde d'excitation adaptée pour appliquer une pression de radiation sur le milieu cible ;

5 - les moyens d'émission sont adaptés pour émettre une onde d'excitation adaptée pour chauffer localement le milieu cible.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante d'un de ses modes de réalisation, donné à titre 10 d'exemple non limitatif, en regard du dessin joint.

Sur le dessin, la figure 1 est une vue schématique illustrant un dispositif de focalisation d'ondes ultrasonores selon une forme de réalisation de l'invention.

Le dispositif 1 de focalisation d'ondes ultrasonores représenté sur la figure 1 est destiné par exemple à imager un milieu cible 2, par exemple une partie du corps d'un patient dans des applications médicales, ou encore une partie d'un objet industriel dans des applications de contrôles non destructifs, ou autres.

20 Plus précisément, le dispositif de focalisation d'ondes ultrasonores 1 est destiné à imager une zone à examiner 3 dans le milieu cible 2, cette zone 3 pouvant le cas échéant être à trois dimensions.

A cet effet, le dispositif d'imagerie 1 est adapté 25 pour émettre successivement des ondes d'excitation ultrasonores focalisées sur différents points cibles 4 prédéterminés appartenant à la zone 3. Après émission de chaque onde d'excitation, le dispositif d'imagerie 1 capte les échos émis par la zone cible 3 en réponse à ces ondes 30 d'excitation, de préférence en réalisant également une focalisation en réception sur le point cible 4 sur lequel était focalisée l'onde d'excitation.

Les ondes d'excitation sont émises par un premier réseau 5 de transducteurs d'émission 6, qui sont fixés à un 35 objet solide réverbérant 7 adapté pour que les ondes d'excitation émises par ledit premier réseau 5 de

transducteurs subissent des réflexions multiples à l'intérieur dudit objet solide avant de parvenir au milieu cible 2, placé au contact dudit objet solide 7.

Les transducteurs d'émission 6 peuvent être en 5 nombre quelconque, allant de 1 à plusieurs dizaines, par exemple une centaine, en passant par des valeurs intermédiaires telles qu'un nombre compris entre 5 et 10 comme dans l'exemple représenté sur la figure 1.

Dans l'exemple considéré, l'objet 7 peut être 10 constitué par un bloc de métal ou autre matériau rigide, dans lequel les ondes ultrasonores se propagent avec une très faible atténuation et avec des temps de réverbération importants, tels qu'une onde impulsionnelle de durée $1/fc$ émise par le premier réseau 5 de transducteurs entraîne une 15 émission acoustique de durée au moins égale à $10/fc$ vers le milieu cible 2.

Dans l'exemple considéré ici, l'objet 7 présente une forme générale de parallélépipède rectangle dans lequel est ménagé un évidemment 8 en forme de portion de sphère, 20 les transducteurs 6 du premier réseau étant par exemple collés sur la face de l'objet 7 qui est située à l'opposé de la face de cet objet en contact avec le milieu cible 2.

Bien entendu, d'autres formes générales de l'objet 7 et/ou de l'évidement 8 pourraient être envisagées.

25 Les échos revenant de la zone cible 3 après émission d'une onde d'excitation focalisée sur l'un des points cibles 4, sont captés par un deuxième réseau 9 de transducteurs de réception 10, lesquels transducteurs de réception peuvent éventuellement être également fixés à 30 l'objet 7 susmentionné, par exemple sur la face de cet objet au contact du milieu cible 2.

Les transducteurs de réception 10 peuvent être en nombre quelconque, allant de 1 à quelques dizaines (ces transducteurs sont au nombre de 4 dans l'exemple 35 particulier représenté sur la figure 1).

Les transducteurs 6, 10 sont commandés indépendamment les uns des autres par un micro-ordinateur 12 (classiquement doté d'interfaces utilisateur tels qu'un écran 12a et un clavier 12b), éventuellement par 5 l'intermédiaire d'une unité centrale CPU qui est contenue par exemple dans une baie électronique 11 reliée par un câble souple aux transducteurs 6, 10.

Cette baie électronique 11 peut comprendre par exemple :

- 10 - un circuit échantillonneur E1-E6 ; E'1-E'4 relié à chaque transducteur 6, 10 ;
- une mémoire M1-M6 ; M'1-M'4 reliée à l'échantillonneur de chaque transducteur 6, 10 ;
- un circuit sommateur S relié au mémoire M1-M6 ;
- 15 M'1-M'4 ;
- et une mémoire générale M reliée à l'unité centrale CPU.

Le dispositif qui vient d'être décrit fonctionne comme suit.

20 Préalablement à toute opération d'imagerie, on détermine d'abord une matrice de signaux d'émission élémentaire $e_{ik}(t)$ qui sont tels que, pour générer une onde d'excitation $s(t)$ en un point cible k , on fasse émettre par chaque transducteur i du premier réseau 5 un signal 25 d'émission :

$$s_i(t) = e_{ik}(t) \otimes s(t).$$

Ces signaux d'émission élémentaires peuvent éventuellement être déterminés par le calcul (par exemple par une méthode de filtre inverse spatio-temporel), ou ils 30 peuvent être déterminés expérimentalement au cours d'une étape préliminaire d'apprentissage.

Au cours de cette étape d'apprentissage, on peut avantageusement faire émettre un signal impulsional

ultrasonore par un émetteur tel qu'un hydrophone successivement au niveau de chaque point cible k , et on fait capter les signaux $r_{ik}(t)$ reçus par chaque transducteur i du premier réseau 5 à partir de l'émission 5 dudit signal impulsif ultrasonore. Les signaux $r_{ik}(t)$ ainsi captés sont transmis à l'unité centrale CPU, qui calcule alors les signaux d'émission élémentaire $e_{ik}(t)$ par retournement temporel desdits signaux reçus : $e_{ik}(t) = r_{ik}(-t)$.

10 Si le milieu cible 2 est un milieu liquide, il peut éventuellement être possible de procéder à l'étape préliminaire d'apprentissage en positionnant successivement l'émetteur d'onde ultrasonore sur les différents points cibles 4 de la zone à examiner 3. Si le milieu 2 est une 15 partie du corps d'un patient où un milieu similaire comprenant une grande quantité d'eau, il peut être possible de procéder à la phase d'apprentissage en remplaçant le milieu 2 par un volume de liquide, comprenant de préférence une majorité d'eau, en positionnant successivement 20 l'émetteur d'onde ultrasonore aux emplacements des différents points cibles 4, repérés par rapport à l'objet solide réverbérant 7.

En mettant à profit le principe de réciprocité spatiale, on peut aussi déterminer les signaux $e_{ik}(t)$ en 25 plaçant successivement un ou plusieurs hydrophones aux points cibles k dans le milieu liquide susmentionné. Pour chaque position k de l'hydrophone, on fait émettre successivement une impulsion ultrasonore par chaque transducteur i , et on capte les signaux $r_{ik}(t)$ par 30 l'hydrophone. On en déduit ensuite les signaux $e_{ik}(t)$ par retournement temporel : $e_{ik}(t) = r_{ik}(-t)$.

Lorsqu'on veut ensuite imager la zone à examiner 3 du milieu cible 2, on place l'objet solide réverbérant 7 au

contact de ce milieu cible, et on fait successivement émettre par les transducteurs 6 du premier réseau, des ondes d'excitation localisées chacune sur l'un des points cibles 4 de la zone à examiner 3.

5 A cet effet, pour focaliser une onde d'excitation sur un point cible k , on fait émettre par chaque transducteur i du premier réseau 5, un signal d'émission $s_i(t) = e_{ik}(t) \otimes s(t)$.

10 On répète cette émission d'onde d'excitation pour chaque point cible 4 de la zone à examiner 3.

15 En variante, il est également possible de générer une onde d'excitation $s(t)$ focalisée en un nombre K supérieur à 1 de points cibles 4 de la zone à examiner 3, en faisant émettre par chaque transducteur i du premier réseau 5 un signal d'émission $s_i(t) = \sum_{k=1}^K e_{ik}(t) \otimes s(t)$.

20 Les ondes d'excitation ainsi émises présentent une fréquence centrale qui peut être comprise notamment entre 200kHz et 100 Mhz, par exemple 3 Mhz, et ces ondes d'excitation sont émises par les transducteurs 6 du premier réseau pendant une durée comprise entre 1/2 f_c et 10/ f_c .

25 Après chaque émission d'onde d'excitation focalisée sur un ou plusieurs des points cibles 4 de la zone à examiner 3, on fait capter les échos émis par le milieu cible 2, au moyen des transducteurs de réception 10 du deuxième réseau 9. Les signaux ainsi captés sont numérisés par les échantillonneurs E'1-E'4 et mémorisés dans les mémoires M'1-M'4, puis traités par une technique classique de formation de voies qui réalise une focalisation en réception sur le ou les points cibles 4 visés lors de l'émission.

30 Les traitements en question, qui consistent notamment à imposer des retards différents aux signaux captés et à capter ces signaux, peuvent être mis en œuvre par le sommateur S.

Avantageusement, au cours de cette étape de réception d'échos, on peut mettre à profit le comportement acoustique non linéaire de l'un au moins des matériaux traversés par l'onde d'excitation, c'est-à-dire le milieu 5 cible 2 et/ou l'objet solide réverbérant 7 (en pratique, c'est principalement le milieu cible 2 qui présentera un comportement acoustique non linéaire, le matériau de l'objet solide réverbérant présentant de préférence un comportement acoustique linéaire. En effet, on génère 10 l'onde d'excitation avec une amplitude suffisante pour que des ondes harmoniques de la fréquence centrale fc soient générées, avec un niveau suffisant pour pouvoir écouter les échos revenant du milieu cible 2 à une fréquence d'écoute qui est un multiple entier de la fréquence centrale 15 d'émission fc .

Avantageusement, on écoute ainsi les échos revenant du milieu cible 2 à une fréquence double ou triple de la fréquence fc .

Cette écoute sélective en fréquence peut être 20 obtenue soit par la constitution même des transducteurs de réception 10, de façon connue en soi, soit par un filtrage en fréquence des signaux provenant des transducteurs de réception 10.

Grâce à cette écoute à une fréquence différente de 25 la fréquence fc , on s'affranchit de toute perturbation de l'écoute par l'onde d'excitation elle-même, bien que cette onde d'excitation soit particulièrement longue du fait de ses réflexions multiples à l'intérieur de l'objet solide réverbérant 7.

Bien que le dispositif 1 ait été décrit précédemment comme un dispositif d'imagerie ultrasonore, ce dispositif peut le cas échéant être utilisé, en plus de l'imagerie où indépendamment de celle-ci, pour :

- générer une onde de cisaillement dans le milieu 35 cible 2,

- ou chauffer localement ce milieu cible.

Pour générer une onde de cisaillement, par exemple en vue de procéder à une imagerie par suivi de la propagation de l'onde de cisaillement notamment comme 5 décrit dans le document FR-A-2 791 136 ou dans la demande de brevet français n° FR-02 10838, l'onde d'excitation ultrasonore $s(t)$ susmentionnée peut être émise pendant une durée relativement longue, comprise par exemple entre $10/f_c$ et $200000/f_c$, avec une modulation d'amplitude (continue ou 10 par paliers) permettant d'appliquer une pression de radiation sur le milieu cible 2 pour générer l'onde de cisaillement.

Lorsqu'il s'agit au contraire de chauffer localement le milieu cible 2, l'onde d'excitation 15 ultrasonore susmentionnée $s(t)$ peut être émise (en continu ou non) pendant une durée supérieure à 0,5 s par les transducteurs d'émission 6, de préférence dans une large bande de fréquences. On engendre ainsi une hausse de température dans le milieu 2 pouvant aller de quelques 20 degrés à quelques dizaines de degrés.

On notera que le procédé et le dispositif selon l'invention seraient également utilisables pour des applications de nettoyage de précision par ultrasons ou pour de soudure aux ultrasons.

REVENDICATIONS

1. Procédé de focalisation d'ondes acoustiques comprenant au moins une étape d'émission au cours de 5 laquelle on fait émettre par un premier réseau (5) de transducteurs, au moins une onde d'excitation ultrasonore présentant une certaine fréquence centrale d'émission fc et focalisée en au moins un point cible (4) d'un milieu cible (2), et on fait passer ladite onde d'excitation dans un 10 milieu réverbérant (7) avant d'atteindre le milieu cible (2),

caractérisé en ce qu'au cours de l'étape d'émission, on utilise comme milieu réverbérant un objet solide réverbérant (7) sur lequel est fixé chaque transducteur (6) 15 du premier réseau (5), ledit objet solide réverbérant (7) étant adapté pour provoquer des réflexions multiples de l'onde d'excitation qui le traverse et pour qu'une onde impulsionale de durée $1/fc$ entrant dans ledit objet solide entraîne une émission acoustique de durée au moins 20 égale à $10/fc$ vers le milieu cible.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, au cours de l'étape d'émission, on émet l'onde d'excitation $s(t)$ vers un nombre K au moins égal à 1 de points cibles (4) préterminés k appartenant au milieu cible, en faisant 25 émettre par chaque transducteur i du premier réseau (5) un signal d'émission :

$$s_i(t) = \sum_{k=1}^K e_{ik}(t) \otimes s(t),$$

où les signaux $e_{ik}(t)$ sont des signaux d'émission élémentaires préterminés adaptés pour que, lorsque les 30 transducteurs i émettent des signaux $e_{ik}(t)$, on génère une onde acoustique impulsionale au point cible k .

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel les signaux $e_{ik}(t)$ sont codés sur un nombre de bits compris entre 1 et 64.

35 4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel

les signaux $e_{ik}(t)$ sont codés sur 1 bit.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel les signaux d'émission élémentaires $e_{ik}(t)$ sont déterminés expérimentalement au cours d'une étape d'apprentissage, préalable à ladite étape d'émission.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel, au cours de l'étape d'apprentissage, on fait émettre un signal impulsif ultrasonore successivement au niveau de 10 chaque point cible préterminé k , on fait capter les signaux $r_{ik}(t)$ reçus par chaque transducteur i du premier réseau (5) à partir de l'émission dudit signal impulsif ultrasonore, et on détermine les signaux d'émission élémentaires $e_{ik}(t)$ par retournement temporel des signaux 15 reçus $r_{ik}(t)$:

$$e_{ik}(t) = r_{ik}(-t).$$

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel, au cours de l'étape d'apprentissage, on place un milieu liquide, distinct du milieu cible (2), au contact de 20 l'objet solide réverbérant (7), et on fait émettre ledit signal impulsif ultrasonore à partir dudit milieu liquide.

8. Procédé selon la revendication 5, dans lequel, au cours de l'étape d'apprentissage, point cible préterminé k , on fait émettre un signal impulsif ultrasonore successivement au niveau de chaque transducteur i du premier réseau, on fait capter les signaux $r_{ik}(t)$ reçus au point cible k à partir de l'émission dudit signal impulsif ultrasonore, et on détermine les signaux d'émission élémentaires $e_{ik}(t)$ par retournement temporel 30 des signaux reçus $r_{ik}(t)$:

$$e_{ik}(t) = r_{ik}(-t).$$

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel, au cours de l'étape d'apprentissage, on place un milieu liquide, distinct du milieu cible (2), au contact de 35 l'objet solide réverbérant (7), et on capte les signaux $r_{ik}(t)$ dans ledit milieu liquide.

10. Procédé selon la revendication 7 ou la revendication 9, dans lequel le milieu liquide, utilisé au cours de l'étape d'apprentissage, comprend essentiellement de l'eau, et au cours de l'étape d'émission, le milieu cible (2) dans lequel on focalise l'onde d'excitation comprend au moins une partie du corps d'un patient.

5 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel les signaux d'émission élémentaires $e_{ik}(t)$ sont déterminés par le calcul.

10 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'objet solide réverbérant (7), que l'on fait traverser par l'onde d'excitation au cours de l'étape d'émission, est en contact avec le milieu cible (2).

15 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre une étape de réception d'échos émis par le milieu cible (2) en réponse à l'onde d'excitation, en vue d'imager au moins une partie (3) dudit milieu cible.

20 14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel l'onde d'excitation est émise pendant une durée comprise entre $1/2.fc$ et $10/fc$.

15. Procédé selon la revendication 13 ou la revendication 14, dans lequel :

25 - au cours de l'étape d'émission, l'onde d'excitation traverse au moins un milieu acoustiquement non linéaire (2) et présente une amplitude suffisante pour que des ondes harmoniques de la fréquence centrale d'émission soient générées dans ledit milieu acoustiquement non linéaire,

- et au cours de l'étape de réception, on écoute les échos revenant du milieu cible (2) à une fréquence d'écoute qui est un multiple entier de la fréquence centrale d'émission.

35 16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel les ondes harmoniques sont générées dans le milieu cible

(2), qui présente un comportement acoustique non linéaire.

17. Procédé selon la revendication 15 ou la revendication 16, dans lequel, au cours de l'étape de réception, on écoute les échos revenant de la zone cible 5 (2) à une fréquence d'écoute égale à deux ou trois fois la fréquence centrale d'émission.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 17, dans lequel, au cours de l'étape d'émission, le milieu cible (2), dans lequel on focalise 10 l'onde d'excitation, comprend au moins une partie du corps d'un patient.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 18, dans lequel, au cours de l'étape de réception, on écoute les échos revenant de la zone cible 15 (2) au moyen d'un deuxième réseau (9) de transducteurs solidaire dudit objet solide réverbérant (7).

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel, au cours de l'étape d'émission, on émet une onde d'excitation modulée en 20 amplitude, adaptée pour appliquer sur le milieu cible (2) une pression de radiation qui engendre une onde de cisaillement basse fréquence.

21. Procédé selon la revendication 20, dans lequel, au cours de l'étape d'émission, le milieu cible (2), dans 25 lequel on focalise l'onde d'excitation, comprend au moins une partie du corps d'un patient.

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel, au cours de l'étape d'émission, on émet une onde d'excitation adaptée pour 30 chauffer localement le milieu cible (2).

23. Dispositif de focalisation d'ondes acoustiques comprenant au moins des moyens d'émission (11, 5) comprenant un premier réseau (5) de transducteurs, ces 35 moyens d'émission étant adaptés pour faire émettre par le premier réseau de transducteurs, au travers d'un milieu réverbérant (7), au moins une onde d'excitation ultrasonore

présentant une certaine fréquence centrale d'émission fc et focalisée en au moins un point cible (4) d'un milieu cible (3),

5 caractérisé en ce que le milieu réverbérant comprend un objet solide réverbérant (7) sur lequel est fixé chaque transducteur (6) du premier réseau (5), ledit objet solide réverbérant étant adapté pour provoquer des réflexions multiples de l'onde d'excitation qui le traverse et pour qu'une onde impulsionale de durée $1/fc$ entrant dans ledit 10 objet solide entraîne une émission acoustique de durée au moins égale à $10/fc$ vers le milieu cible.

24. Dispositif selon la revendication 239, dans lequel, les moyens d'émission (11, 5) sont adaptés pour faire émettre l'onde d'excitation $s(t)$ vers un nombre K au 15 moins égal à 1 de points cibles (4) prédéterminés k appartenant au milieu cible (2), en faisant émettre par chaque transducteur i du premier réseau (5) un signal d'émission :

$$s_i(t) = \sum_{k=1}^K e_{ik}(t) \otimes s(t),$$

20 où les signaux $e_{ik}(t)$ sont des signaux d'émission élémentaires prédéterminés adaptés pour que, lorsque les transducteurs i émettent des signaux $e_{ik}(t)$, on génère une onde acoustique impulsionale au point cible k .

25. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 23 à 24, comportant en outre des moyens de réception (11, 9) d'échos émis par le milieu cible (2) en réponse à l'onde d'excitation, en vue d'imager au moins une partie (3) dudit milieu cible.

30. Dispositif selon la revendication 25, dans lequel les moyens d'émission sont adaptés pour émettre l'onde d'excitation pendant une durée comprise entre $1/(2.fc)$ et $10/fc$.

35. Dispositif selon la revendication 25 ou la revendication 26, dans lequel les moyens de réception (11, 9) sont adaptés pour écouter les échos revenant du milieu

cible (2) à une fréquence d'écoute qui est un multiple entier de la fréquence centrale d'émission.

28. Dispositif selon la revendication 27, dans lequel les moyens de réception (11, 9) sont adaptés pour 5 écouter les échos revenant du milieu cible (2) à une fréquence d'écoute égale à deux fois la fréquence centrale d'émission.

29. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 26 à 28, dans lequel les moyens de réception 10 (11, 9) comprennent un deuxième réseau (9) de transducteurs solidaire dudit objet solide réverbérant (7).

30. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 23 à 25, dans lequel les moyens d'émission (11, 5) sont adaptés pour émettre une onde d'excitation 15 adaptée pour appliquer une pression de radiation sur le milieu cible (2).

31. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 23 à 25, dans lequel les moyens d'émission (11, 5) sont adaptés pour émettre une onde d'excitation 20 adaptée pour chauffer localement le milieu cible (2).

1/1

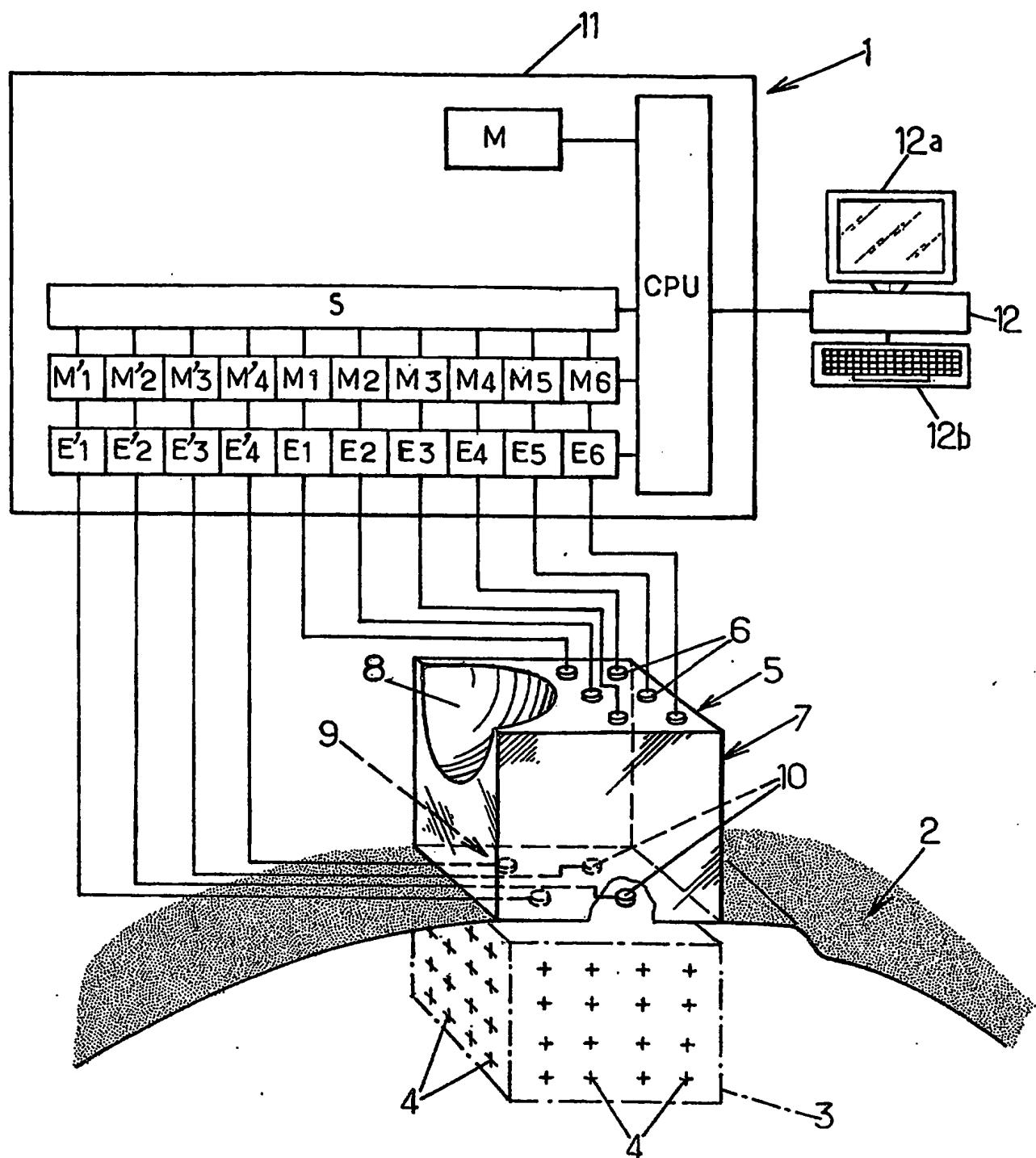


FIG.1.

PARTEMENT DES BREVETS

bis, rue du Saint Pétersbourg
300 Paris Cedex 08
télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

INV

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° . 1. / 1.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet Imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DA 113 W / 270501

les références pour ce dossier (facultatif)

V° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

BFF030242

2308110

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE ET DISPOSITIF DE FOCALISATION D'ONDES ACOUSTIQUES

LE(S) DEMANDEUR(S) :

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS -
UNIVERSITE PARIS 7 - DENIS DIDEROT

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :

1 Nom				
Prénoms		FINK Mathias		
Adresse	Rue	16, rue E. Laferrière		92190 MEUDON
	Code postal et ville			FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)				
2 Nom				
Prénoms		MONTALDO Gabriel		
Adresse	Rue	5, boulevard Gouvion St Cyr		75017 PARIS
	Code postal et ville			FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)				
3 Nom				
Prénoms		TANTER Mickael		
Adresse	Rue	6, rue des Quatre vents		75006 PARIS
	Code postal et ville			FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)				

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivie du nombre de pages.

DATE ET SIGNATURE(S)

Le 25 juillet 2003

DU (DES) DEMANDEUR(S)

OU DU MANDATAIRE

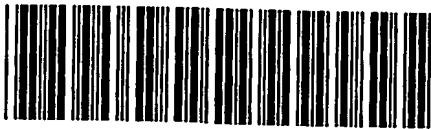
(Nom et qualité du signataire)

CABINET PLASSEBAUD

Eric BURBAUD

94-0304

PCT/FR2004/001980



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.